

## PROCÉDÉ ET SYSTÈME DE DÉTECTION DE DÉFAUTS DE SURFACE D'UN PRODUIT MÉTALLIQUE BRUT DE COULEE CONTINUE

L'invention concerne la détection de défauts de surface sur brame ou, plus généralement, sur un produit métallique, notamment en acier, brut de coulée continue.

Plus précisément, l'invention concerne la détection de défauts de surface sur un produit métallique brut de coulée continue à l'aide d'un capteur par courants de Foucault à émetteur-récepteur séparés placés en regard et à proximité de la surface à inspecter.

On connaît de FR 84 14435 un capteur de ce type, encore appelé "capteur CdF à sondes anisotropes", dont les sondes sont des bobines émettrice et réceptrice distinctes, distantes l'une de l'autre sur une ligne orientée perpendiculairement au défilement de la brame qui passe en dessous. Un tel capteur est de la sorte sensible aux modifications de la circulation des courants de Foucault généré par la présence d'un défaut long transverse à la surface du produit inspecté. Il permet ainsi de discriminer notamment les criques transversales de bord puisque les courants induits générés sous l'émetteur par le champ magnétique de ce dernier ne circulent pas jusque sous le récepteur en l'absence de défauts qui se propagent de l'un jusqu'à l'autre.

Toutefois, la distance qui sépare les deux bobines émettrice et réceptrice étant fixe par construction, on passe donc à coté de la détection de criques courtes si l'on ne balaye pas une région de bord de brame suffisamment étendue, soit par passages multiples du capteur avec un décalage incrémental latéral ajusté en conséquence, soit en plaçant une série de capteurs multiples côte à côte afin que l'ensemble couvre la région considérée.

L'invention veut résoudre ces difficultés en faisant appel aux technologies récentes d'imagerie à haute vitesse utilisant des barrettes (ou rangées) de mini-bobines élémentaires (ou cellules) alignées, activables séparément par multiplexage programmé. On trouvera des exemples de capteurs à courant de Foucault de ce type par exemple dans les documents suivants: FR 9300984, USP 6,339,327 ou USP 5,237,271, utilisés pour l'inspection de plaques, tôles, bandes ou lames métalliques dans de nombreux domaines techniques.

Selon son mode d'activation, chaque cellule est ainsi apte à générer ou détecter indifféremment des courants de Foucault à la surface du produit métallique à inspecter. Dès lors, en commandant une première et une seconde cellule contiguës de la rangée, l'une afin qu'elle génère des courants de Foucault, la seconde pour qu'elle les détecte, on peut conclure à la présence ou non sous le capteur de défauts de surface allongés qui se propagerait de l'une à l'autre. De proche en proche, la paire de cellules commandées est décalée d'une cellule sur la rangée à chaque itération de cette étape de commande, de manière à balayer et à inspecter l'ensemble de la surface de la plaque

métallique en vis-à-vis de cette rangée de cellules sans déplacer ni la plaque à inspecter, ni le capteur. Pour obtenir une bonne résolution spatiale et pouvoir détecter des défauts de l'ordre de quelques millimètres, la taille des cellules, dont la forme générale est carrée, est de l'ordre de quelques millimètres carrés.

5 Les plaques métalliques inspectées avec de tels capteurs doivent être lisses et les cellules de mesure sont placées à une distance inférieure à 1,5 millimètres de la surface de la plaque à inspecter. A une telle distance de la surface de la plaque, les capteurs détectent rapidement et avec précision tout défaut de surface se traduisant par une rupture de conductivité électrique. Au-delà de cette distance, ces capteurs deviennent 10 cependant imprécis et sont inutilisables. Des tentatives pour utiliser ces mêmes capteurs pour détecter des criques à la surface des brames d'acier issues directement de la coulée continue se sont soldées jusqu'à présent par un échec, à la connaissance du Demandeur. En effet, les aspérités de la surface de la brame de même que la température élevée de cette brame, supérieure généralement à 550° C, font qu'il n'est guère possible de maintenir durablement le capteur à moins de 1,5 mm de la surface à inspecter.

15 L'invention vise à remédier à un tel handicap de manière à pouvoir utiliser ces capteurs CdF à rangées de cellules pilotées par multiplexage sur un produit métallique à l'état brut de coulée continue.

Elle a ainsi pour objet un procédé de détection de défauts de surface d'un 20 produit métallique brut de coulée continue à l'aide d'un capteur à courant de Foucault du type "à émetteur-récepteur séparé" à rangées de cellules de mesure alignées contiguës commandables séparément par multiplexage, le produit à inspecter étant en mouvement de défilement relatif avec le capteur, caractérisé en ce que, ledit capteur comportant une 25 matrice de cellules de mesure réparties en rangées et en colonnes, ladite matrice présentant au moins une première et une seconde rangées parallèles d'au moins trois cellules de mesure chacune, on règle le multiplexage selon des étapes de commandes successives de manière que,

- à une étape de commande donnée, on active une première et seconde cellules sur 30 chaque rangée qui soient séparées l'une de l'autre par au moins une cellule de mesure inactive, la première cellule étant commandée pour générer des courants de Foucault sur la surface dudit produit métallique, la seconde cellule étant commandée pour qu'elle détecte les courants de Foucault générés par la première cellule dont la circulation à la 35 surface a été modifiée par la présence de défauts de surface, et en ce que, à intervalle de temps prédéterminé, les deux cellules commandées sont rendues inactives et ladite étape de commande est réitérée avec deux cellules suivantes qui sont décalées d'au moins une cellule le long de la même rangée par rapport aux deux cellules rendues inactives, et ainsi de suite jusqu'à ce que toute la zone de surface à inspecter ait été contrôlée.

- et en ce que ladite étape de commande est exécutée simultanément pour les cellules 40 des première et seconde rangées, lesdites premières cellules de chaque rangée appartenant à une même colonne et lesdites secondes cellules de chaque rangée appartenant

également à une même colonne, lesdites seconde cellules de chaque rangée étant configurées pour produire des signaux de polarités opposées lorsqu'un défaut est détecté.

Autrement-dit, la cellule qui engendre les courants de Foucault doit toujours être espacée de la cellule qui les détecte sur la même rangée par au moins une cellule 5 inactive. Il a été découvert en effet que l'accroissement de l'espacement entre les deux cellules émettrice-réceptrice commandées permettait d'accroître la distance séparant ces cellules de la surface à inspecter tout en conservant des performances du capteur suffisantes pour l'application retenue. Il est dès lors possible d'utiliser des cellules à plus de 10 1,5 millimètres de distance de la surface de la brame, ce qui rend possible l'utilisation de ces capteurs pour détecter des criques de surface sur des produits métalliques issus directement de la coulée continue une brame.

Par ailleurs, l'étape de commande est exécutée simultanément et exactement de la même manière sur deux rangées voisines, les paires de cellules actives sur la seconde rangée étant cependant configurées pour produire des signaux de polarité inversée par rapport à la paire de cellules actives de la première rangée, ce qui permet par 15 addition des signaux de s'affranchir des inévitables perturbations provenant par exemple des rides d'oscillation présentes à la surface de la brame coulée et délivrer à l'inspecteur un signal de détection de défauts bien propre avec un bruit de fond minimal.

L'invention a également pour objet un système de détection de défauts comportant 20 un capteur de défauts de surface par courants de Foucault, du type à "émetteur-récepteur séparés" comportant deux rangées au moins d'au moins trois cellules de mesure chacune contiguës et commandables, et une unité de commande par multiplexage programmable propre à commander lesdites cellules de mesure, chaque cellule étant apte à engendrer ou à détecter des courants de Foucault, caractérisé en ce que les deux 25 rangées de cellules sont disposées côte à côte parallèlement l'une à l'autre et en ce que ladite unité de commande est à multiplexeur apte à commander une première et une seconde cellule d'une rangée qui soient séparées l'une de l'autre par au moins une cellule de mesure inactive et à commander de la même façon, mais en polarité inverse, les paires de cellules analogues correspondantes sur la seconde rangée.

30 Suivant d'autres caractéristiques préférentielles du système conforme à l'invention, celui-ci se caractérise en ce que :

- le capteur est doté d'une semelle plane dans laquelle sont logées lesdites rangées de cellules affleurant en surface, ladite semelle étant destinée à être placée à une distance d'au moins trois millimètres de la surface à inspecter;
- 35 - le capteur comporte un circuit de refroidissement de la semelle par fluide circulant;
- le circuit de refroidissement comporte au moins une lame en matériau céramique disposée en vis-à-vis de la semelle de manière à ménager un espace de circulation pour le fluide refroidissant;

L'invention sera mieux comprise et d'autres aspects et avantages apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit donnée à titre d'exemple et faite en se référant aux planches de dessins annexées sur lesquelles :

- la figure 1 est une illustration schématique d'un système de détection conforme à 5 l'invention,
- la figure 2 est une vue en coupe verticale de la section d'un capteur de défauts de surface par courants de Foucault mis en œuvre dans le système de la figure 1,
- la figure 3 est une illustration schématique de la partie active du capteur de la figure 2, et
- 10 - la figure 4 est un organigramme d'un procédé de détection de défauts de surface conforme à l'invention.

La figure 1 représente un système 2 de détection en continu des défauts de surface d'une brame 4 en acier issue directement d'une installation de coulée continue. La brame 4 est disposée à l'horizontale et c'est dans cette disposition qu'elle arrive dans 15 un mouvement de défilement lent (à peine un peu plus d'1m/mn) sous le capteur 2. Pour simplifier l'illustration de la figure 1, seul le bord supérieur gauche de cette brame 4 a été représenté.

La brame 4 est ce qu'on appelle un produit brut de coulée continue

A l'endroit où le système de détection 2 est placé, la brame présente typiquement une température encore supérieure à 550°C. Sa surface supérieure en regard du capteur 2 est irrégulière, présente de nombreuses aspérités et reliefs locaux comme des rides d'oscillation de la lingotière ou des îlots de calamine, ainsi que, le cas échéant, des défauts longs de surface à détecter tels que criques transversales, crevasses ou entailles diverses. Ces défauts de surface se traduisent par une rupture locale de la conductivité 25 de la surface de la brame 4. On notera que cette rupture de conductivité n'implique pas nécessairement la présence d'une faille à la surface de la brame 4. Ici, seule une crique transversale 6 a été représentée. Cette crique 6 est dite transversale car elle s'étend dans une direction perpendiculaire au sens de défilement de la brame 4. Le sens de déplacement de la brame 4 est représenté par une flèche F sur la figure 1.

30 Pour faciliter l'installation du système de détection 2 dans un environnement où la température s'élève à plus de 550°C, aucune pièce du système n'est mobile et seule la brame 4 se déplace en translation sous lui dans le sens de défilement F.

Le système 2 comporte un capteur 10, une unité 12 de commande du capteur ainsi qu'une pompe 14 de refoulement de fluide de refroidissement. Le capteur 10 est 35 apte à détecter des défauts de conductivité sur la surface de la brame 4 à l'aide de courants de Foucault. Le principe de fonctionnement d'un tel capteur étant connu, il ne sera pas détaillé ici. Par exemple, le lecteur pourra se référer à la demande de brevet européen EP 0 195 794 pour plus d'informations sur les principes mis en œuvre dans de tels capteurs.

Ici, le capteur 10 a la forme d'un parallélépipède rectangle orienté perpendiculairement au sens de déplacement F et dont une face (dite "face active" car les cellules de mesure y afflurent en surface) est disposée parallèlement à la surface de la brame 4. Ce capteur 10 est placé de manière à ce que sa face active recouvre "à cheval" 5 le bord de la brame 4 afin d'être assuré de pouvoir toujours inspecter l'extrême bord, quand bien même le produit défilant subirait de légères déviations latérales au cours de son déplacement.

10 Comme illustré sur la figure 2, la face active du capteur 20 est formée par une semelle 20 dans laquelle sont logées des cellules de mesure 21.

La surface inférieure de cette semelle 20 est représentée sur la figure 3. Cette semelle 20 comporte, à titre d'illustration, deux rangées identiques 22 et 24 de cellules de mesure 21 toutes identiques entre elles. Ces deux rangées sont situées parallèlement l'une à l'autre dans le sens de la longueur du capteur 10. Ces rangées 22 et 24 sont également disposées aussi proches l'une de l'autre que possible de manière à ce 15 que leurs cellules respectives soient placées les unes à côté des autres et se touchent au moins sur un côté.

20 Pour simplifier l'illustration, seules six cellules de mesure 21 ont été représentées dans chaque rangée. En réalité, une rangée peut comporter jusqu'à trente deux cellules, voire plus. Ici, les cellules de la rangée 22 sont désignées dans l'ordre et en partant du bas vers le haut respectivement par les références C1, C3, C5, C7, C9 et C11. De façon similaire, les cellules de la rangée 24 sont désignées dans l'ordre et en partant 25 du bas vers le haut respectivement par les références C2, C4, C6, C8, C10 et C12.

Chacune des cellules de mesure 21 est adaptée pour être configurée, sous la commande de l'unité 12, soit en tant que cellule émettrice, soit en tant que cellule réceptrice.

30 Lorsque la cellule 21 est configurée en tant que cellule émettrice, celle-ci est apte à créer des courants de Foucault dans la surface de la brame 4. A cet effet, chaque cellule comporte un bobinage 26 alimenté par un courant alternatif. L'axe de ce bobinage 26 est perpendiculaire à la face active du capteur 10.

35 Lorsque la cellule est configurée en tant que cellule réceptrice, celle-ci est propre à détecter des courants de Foucault présents dans la surface de la brame 4 au cas, et seulement au cas où les courants de Foucault créés par la cellule émettrice ont été déviés vers la cellule réceptrice par un défaut de surface qui se propage de l'une à l'autre, selon le principe explicité dans EP 0 195 794 déjà mentionné. A cet effet, le bobinage 26 forme un circuit électrique fermé utilisé pour détecter des champs électromagnétiques.

40 Comme déjà indiqué, les cellules contiguës des rangées 22 et 24 sont également aptes à être montées en différentiel les unes par rapport autres sur les deux rangées de manière à s'affranchir des erreurs de mesure ou de détection dues aux irrégularités de la surface de la brame 4, comme les rides d'oscillation. Plus précisément, les cel-

lules de chaque rangée 22 et 24 configurées en tant que cellules réceptrices, sont aptes à générer des signaux de détection d'un défaut de surface, de polarités opposées. Ceci a pour conséquence que lorsqu'une cellule réceptrice de la rangée 22 détecte un défaut, elle génère un signal, par exemple, de polarité positive, tandis que la cellule réceptrice correspondante de la rangée 24 génère un signal de détection de polarité négative lorsqu'elle détecte le même défaut.

Ici, typiquement, les cellules 21 sont jointives et les bobinages 26 des cellules contiguës sont séparés les uns des autres par un espace X bord à bord inférieur à 0,5 mm et de préférence d'environ 0,2 mm. Cette proximité des différents bobinages 26 permet d'assurer un balayage et une inspection quasiment continu de la surface de la brame sur toute la longueur des rangées 22 et 24.

De manière à maximiser la surface sensible globale du capteur, les cellules 21 sont de forme carrée de même que leur bobinage intérieur 26. De plus, pour détecter des défauts de surface ou des criques dont la longueur dépasse à peine 4 millimètres, chacun de ces bobinages a une section carrée de 4 x 4 mm<sup>2</sup>.

Pour protéger la semelle 20 de la chaleur, le capteur 10 est également équipé d'un dispositif 30 (figure 2) de refroidissement de la semelle 20. Ce dispositif 30 comporte un circuit 32 de circulation d'un fluide de refroidissement. Ce circuit 32 descend le long d'une paroi verticale 36 du capteur 10, passe en dessous de la semelle 20 et remonte le long d'une autre paroi verticale 38 du capteur 10. Pour ménager la partie du circuit 32 qui passe en dessous de la semelle 20, le dispositif 30 comporte une lame rectangulaire 40 disposée en vis-à-vis et parallèlement à la semelle 20 de manière à protéger les cellules de mesure. Cette lame est, par exemple, en matériau céramique de manière à être perméable aux ondes électromagnétiques générées et reçues par les bobinages 26 des différentes cellules de mesure. Cette lame 40 est, par exemple, espacée d'environ 1 millimètre de la surface de la semelle 20. Elle est maintenue en position par deux pattes horizontales 42 et 44 fixées le long de ses grands côtés. Les pattes 42 et 44 sont destinées à glisser sur la surface de la brame 4 et agissent en tant que patins. Ces pattes horizontales 42 et 44 sont solidaires chacune d'une plaque métallique verticale 46 et 48, respectivement 46 et 48.

Les plaques 46 et 48 s'étendent le long des parois 36 et 38 du capteur 10. Elles sont espacées des parois verticales 36 et 38 de manière à ménager un espace pour le passage du circuit 32. De manière à résister à la chaleur, les pattes 42 et 44 ainsi que les plaques 46 et 48 sont, par exemple, réalisées en acier inoxydable. Les épaisseurs des pattes 42 et 44 ainsi que l'épaisseur de la lame 40 et l'épaisseur du circuit 32 en dessous de la semelle 20 sont choisies de manière à ce que la hauteur H séparant la semelle 20 de la surface supérieure de la brame 4 soit supérieure ou égale à trois millimètres et de préférence supérieure à 4 millimètres.

Les flèches représentées dans le circuit 32 indiquent le sens de circulation du fluide de refroidissement. Ici, le fluide de refroidissement est de l'eau. Chaque ex-

trémité du circuit 32 est raccordée à la pompe 14 propre à faire circuler le fluide de refroidissement dans le circuit 32.

L'unité de commande 12 est un multiplexeur apte à commander individuellement chacune des cellules de la semelle 20. Cette unité de commande est, par exemple, réalisée à partir d'un calculateur électronique programmable conventionnel associé à une mémoire 50 comportant des instructions pour l'exécution du procédé de la figure 4.

Le fonctionnement du système va maintenant être décrit en regard du procédé de la figure 4. Lors du fonctionnement du système 2, la brame 4 défile à plat sous le capteur 10 dans la direction de la flèche F. Ici, lorsqu'une crique de bord 6 arrive sous la semelle 20, l'une des cellules de la rangée 24 détecte cette crique et génère un signal correspondant. Ensuite, la crique 6 est détectée par au moins l'une des cellules de l'autre rangée 22, qui génère également un signal correspondant, mais de polarité opposée.

Le fonctionnement du capteur 10 piloté par le multiplexeur 12 est divisé en de nombreuses fenêtres temporelles, chaque fenêtre temporelle correspondant à un intervalle de temps prédéfini. Dans chaque fenêtre temporelle, seule une paire de cellules de la rangée 22 et une paire de cellules de la rangée 24 sont commandées, tandis que toutes les autres cellules des rangées 22 et 24 sont inactives. Dans l'état inactif, le bobinage 26 des cellules est ouvert. Ceci permet d'éviter des problèmes de diaphonie entre les bobinages 26 des différentes cellules.

Plus précisément, pour que le capteur 10 puisse fonctionner de façon fiable à plus de trois millimètres au-dessus de la surface de la brame 4, l'unité de commande 12 procède de la façon suivante. Lors d'une première fenêtre temporelle, l'unité 12 configure, lors d'une étape 60, les cellules C1 et C2 en tant que cellules émettrices pour que celles-ci génèrent des courants de Foucault dans la surface supérieure de la brame 4. En même temps, l'unité 12 configure les cellules C5 et C6 pour que celles-ci détectent des courants de Foucault dans la surface de la brame 4. En commandant ainsi le capteur 10, les cellules émettrices et réceptrices sont espacées les unes des autres par une cellule inactive, en l'occurrence les cellules C3 et C4. Pendant la première fenêtre temporelle, l'espacement bord à bord entre les cellules émettrices et réceptrices est donc supérieur à quatre millimètres.

Il a été constaté expérimentalement que la hauteur à laquelle peut être placée la semelle 20 par rapport à la surface de la brame 4 augmente proportionnellement à l'espacement bord à bord entre les cellules émettrices et les cellules réceptrices. Ainsi, en ménageant, lors de l'étape 60, un espacement entre les cellules émettrices et réceptrices d'au moins quatre millimètres, le fonctionnement du capteur 10 n'est pas dégradé alors que celui-ci est placé à environ trois millimètres de la surface dans laquelle on cherche à détecter des défauts.

Ensuite, lors d'une deuxième fenêtre temporelle suivante, l'unité 12 configure, lors d'une étape 62, les cellules C3 et C4 et les cellules C7 et C8 de manière à ce

que les cellules C3 et C4 travaillent en même temps que cellules émettrices, tandis que les cellules C7 et C8 travaillent en même temps que cellules réceptrices. Dans le même temps, les autres cellules et en particulier, les cellules précédemment commandées, c'est-à-dire les cellules C1, C2, C5, C6, sont rendues inactives.

5 Lors d'une troisième fenêtre temporelle suivante, l'étape 62 est réitérée lors d'une étape 64 en décalant les cellules commandées d'une cellule vers le haut. Dès lors, lors de cette étape 64, ce sont les cellules C5 et C6 qui travaillent en tant que cellules émettrices et les cellules C9 et C10 qui travaillent en tant que cellules réceptrices.

10 Lors de la fenêtre temporelle suivante, l'unité 12 procède à une étape 66 identique aux précédentes à l'exception du fait que ce sont les cellules C7, C8, C11 et C12 qui sont commandées. Ensuite, le procédé retourne à l'étape 60.

15 Les étapes 60, 62, 64 et 66 sont réitérées tant que le système 2 fonctionne. On constate ainsi qu'en décalant d'une cellule les cellules commandées lors de chacune des étapes 60, 62, 64 et 66, il est possible de balayer l'ensemble de la portion de surface de la brame en vis-à-vis de la semelle 20 avec une résolution élevée, puisque la section des cellules est de l'ordre de  $4 \text{ mm}^2$ , et sans pour autant déplacer le capteur 10.

20 Ainsi, un tel procédé de commande permet de détecter avec une bonne résolution des défauts sur une surface aussi large que le capteur est long et ce au cours d'un seul passage sous le capteur. Un autre avantage du système 2 est qu'il est insensible à la position du bord de la brame 4 par rapport à la position de la semelle 20. En d'autres termes, les cellules de mesure de la semelle 20 qui se trouvent en dehors de la surface de la brame, c'est-à-dire au-delà du bord supérieur de la brame 4, ne gênent absolument pas le fonctionnement du capteur 10 de sorte qu'il n'est pas nécessaire de prévoir un positionnement précis de la brame 4 vis-à-vis de ce capteur 10.

25 Le fonctionnement du système 2 a été écrit dans le cas particulier où lors de chaque fenêtre temporelle, les cellules émettrices et réceptrices sont séparées uniquement par une seule cellule inactive. De manière à augmenter l'espacement entre les cellules émettrices et réceptrices, et donc de manière à offrir la possibilité de placer le capteur 10 à une distance H encore supérieure par rapport à la surface de la brame, en variante, les cellules émettrices et réceptrices sur un même rangée peuvent être séparées l'une de l'autre par une, deux, trois, quatre ou cinq cellules inactives.

30 Il est par ailleurs possible d'augmenter les capacités de détection du dispositif en prévoyant un nombre supérieur à deux de rangées de cellules.

35 Par ailleurs, il n'est pas nécessaire que les rangées de cellules soient contiguës. Un espacement peut être prévu entre elles.

Le système 2 a été décrit dans le cas particulier où celui-ci est placé dans un environnement où la température peut être supérieure à  $550^\circ \text{ C}$ . Le même système peut bien entendu être aussi utilisé pour inspecter une brame à température ambiante. Dans cette variante, le dispositif 30 de refroidissement de la semelle n'est plus utile et peut 40 donc être supprimé.

Le système 2 a été décrit dans le cas particulier où les bobinages ont une section de 16 mm<sup>2</sup>. En variante, et en fonction de la longueur des défauts à détecter, chaque bobinage peut avoir une section oblongue, voire exactement rectangulaire, le petit et le grand côté de ce rectangle ayant une longueur comprise entre 2 et 10 mm.

REVENDICATIONS

1. Procédé de détection de défauts de surface d'un produit métallique brut de coulée continue à l'aide d'un capteur à courant de Foucault du type "à émetteur-récepteur séparés" à rangées de cellules de mesure alignées contiguës commandables séparément par multiplexage, le produit à inspecter étant en mouvement de défilement relatif avec le capteur, caractérisé en ce que, ledit capteur comportant une matrice de cellules de mesure réparties en rangées et en colonnes, ladite matrice présentant au moins une première et une seconde rangées (22,24) parallèles d'au moins trois cellules de mesure chacune (C1 à C12), on règle le multiplexage selon des étapes de commandes successives de manière que,

- à une étape de commande donnée (60,62,64,66), on active une première et seconde cellules sur chaque rangée qui soient séparées l'une de l'autre par au moins une cellule de mesure inactive, la première cellule étant commandée pour générer des courants de Foucault sur la surface dudit produit métallique, la seconde l'étant pour qu'elle détecte les courants de Foucault générés par la première cellule dont la circulation à la surface a été modifiée par la présence de défauts de surface, et en ce que, à intervalles de temps prédéterminés, les deux cellules commandées sont rendues inactives et ladite étape de commande est réitérée avec deux cellules suivantes qui sont décalées d'au moins une cellule le long de la même rangée par rapport aux deux cellules rendues inactives, et ainsi de suite jusqu'à ce que la zone de surface à inspecter ait été contrôlée

- et en ce que ladite étape de commande (60,62,64,66) est exécutée simultanément pour les première (22) et seconde (24) rangées de cellules, lesdites premières cellules de chaque rangée appartenant à une même colonne et lesdites secondes cellules de chaque rangée appartenant également à une même autre colonne, lesdites seconde cellules de chaque rangée étant configurées pour produire des signaux de polarités opposées lorsqu'un défaut est détecté.

2. Système de détection de défauts de surface d'un produit métallique brut de coulée continue comportant un capteur (10) de défauts de surface par courants de Foucault du type "à émetteur-récepteur séparés" comportant une matrice de cellules de mesure réparties en rangées et en colonnes, ladite matrice présentant au moins une première et une seconde rangées (22,24) parallèles d'au moins trois cellules de mesure chacune (C1 à C12) contiguës et commandables, et une unité (12) de commande par multiplexage du capteur propre à commander lesdites cellules de mesure, chaque cellule de mesure étant apte à engendrer des courants de Foucault à la surface dudit produit métallique à inspecter et, en alternance, à détecter des courants de Foucault sur ladite surface, système caractérisé en ce que l'unité de commande (12) à multiplexeur est apte à commander

- une première et une seconde cellules sur chaque rangée qui soient séparées l'une de l'autre par au moins une cellule de mesure inactive, la première cellule étant commandée pour générer des courants de Foucault sur la surface dudit produit métallique, la seconde l'étant pour détecter les courants de Foucault générés par la première cellule 5 dont la circulation à la surface a été modifiée par la présence de défauts de surface;
- les cellules de la seconde rangée de la même façon que les cellules de la première rangée.

3. Système selon la revendication 2, caractérisé en ce que le capteur (10) comporte 10 une semelle (20) dans laquelle sont logées lesdites au moins trois cellules alignées, et en ce que la semelle (20) est placée à une distance d'au moins trois millimètres de la surface sur laquelle les défauts de surface doivent être détectés.

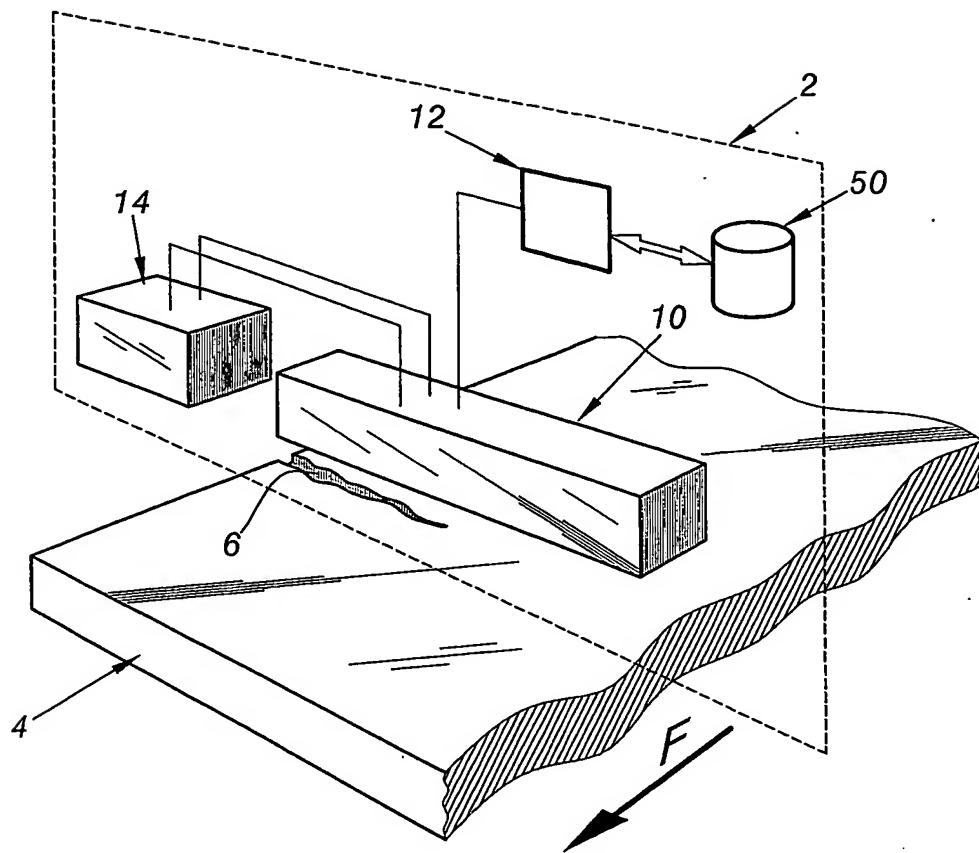
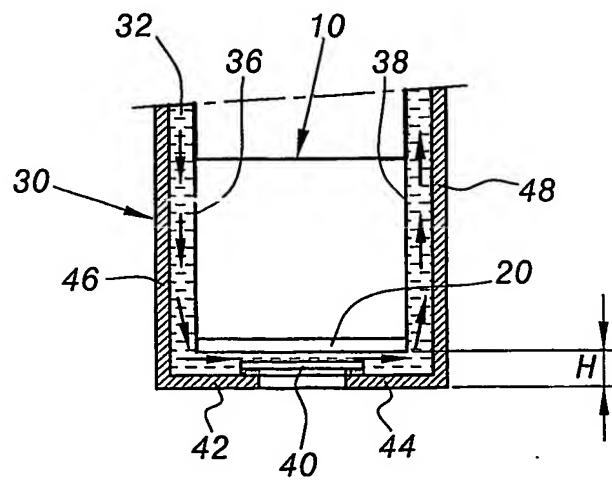
4. Système selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte 15 un dispositif (30) de refroidissement de la semelle (20).

5. Système selon la revendication 4, caractérisé en ce que le dispositif (30) de refroidissement comporte un circuit de circulation d'un fluide de refroidissement le long de la semelle (20). 20

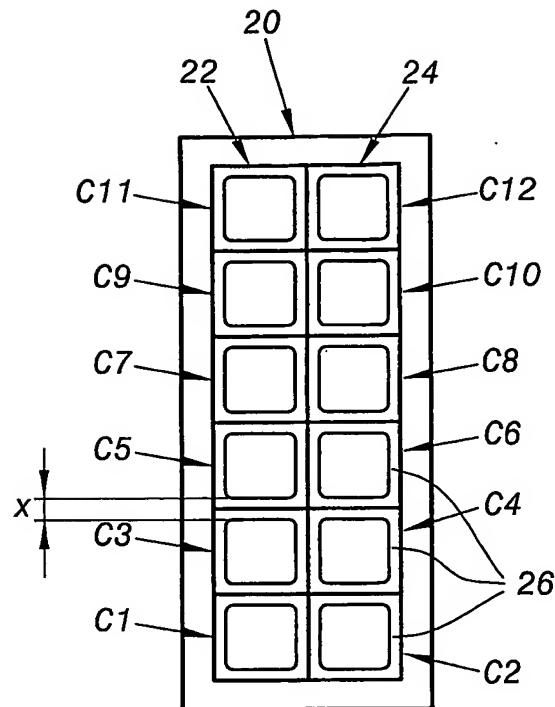
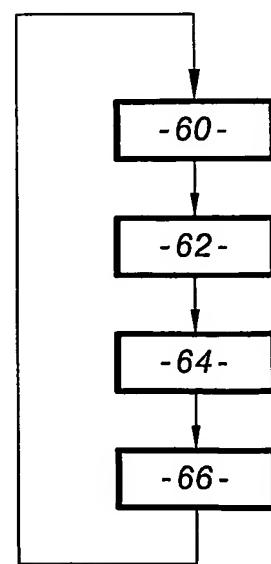
6. Système selon la revendication 5, caractérisé en ce que le dispositif (30) de refroidissement comporte au moins une lame (40) en matériau céramique disposée en vis-à-vis de la semelle (20) de manière à ménager un espace pour le circuit de circulation du fluide de refroidissement. 25

7. système selon la revendication 2, caractérisé en ce que chaque cellule de la première rangée (22) est contiguë à une cellule de la seconde rangée (24) et est apte à être configurée pour délivrer un signal de polarité opposée à celui délivré par la cellule contiguë de la seconde rangée, et en ce que l'unité de commande (12) est propre à 30 configurer les secondes cellules des première et seconde rangées pour que celles-ci délivrent des signaux de polarités opposées.

1/2

**FIG. 1****FIG. 2**

2/2

**FIG.3****FIG.4**

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte al Application No  
PCT/FR2004/002802A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G01N27/90

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 339 327 B1 (PIGEON MICHEL ET AL) 15 January 2002 (2002-01-15) the whole document -----	1-7
A	US 5 506 503 A (CECCO VALENTINO S ET AL) 9 April 1996 (1996-04-09) the whole document -----	1-7
A	US 5 047 719 A (JOHNSON DUANE ET AL) 10 September 1991 (1991-09-10) the whole document -----	1,2
A	US 5 262 722 A (HEDENGREN KRISTINA H V ET AL) 16 November 1993 (1993-11-16) the whole document ----- -/-	1,2

 Further documents are listed in the continuation of box C. Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the International filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

5 April 2005

Date of mailing of the International search report

12/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Joyce, D

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte

Application No

PCT/FR2004/002802

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Category	Relevant to claim No.
A	US 5 237 271 A (HEDENGREN KRISTINA H V) 17 August 1993 (1993-08-17) the whole document -----	1,2
A	MAYOS M ET AL: "INSPECTION NON DESTRUCTIVE EN LIGNE DE LA TOTALITE DE LA SURFACE DES BRAMES DE COULEE CONTINUE" CAHIERS D'INFORMATIONS TECHNIQUES DE LA REVUE DE METALLURGIE, REVUE DE METALLURGIE. PARIS, FR, vol. 90, no. 6, 1 June 1993 (1993-06-01), pages 823-828, XP000393743 ISSN: 0035-1563 the whole document -----	1,2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No  
PCT/FR2004/002802

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)			Publication date
US 6339327	B1	15-01-2002	FR	2758393 A1	17-07-1998
			CA	2277038 A1	16-07-1998
			EP	1015880 A1	05-07-2000
			WO	9830896 A1	16-07-1998
			JP	2001509259 T	10-07-2001
US 5506503	A	09-04-1996	CA	2076205 A1	15-02-1994
			DE	4318062 A1	17-02-1994
			FR	2694811 A1	18-02-1994
			GB	2269673 A ,B	16-02-1994
			JP	3406649 B2	12-05-2003
			JP	6160357 A	07-06-1994
US 5047719	A	10-09-1991	DE	4026295 A1	28-11-1991
US 5262722	A	16-11-1993	NONE		
US 5237271	A	17-08-1993	NONE		

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Den

ernationale No

PCT/FR2004/002802

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE  
CIB 7 G01N27/90

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G01N

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 6 339 327 B1 (PIGEON MICHEL ET AL) 15 janvier 2002 (2002-01-15) 1e document en entier -----	1-7
A	US 5 506 503 A (CECCO VALENTINO S ET AL) 9 avril 1996 (1996-04-09) 1e document en entier -----	1-7
A	US 5 047 719 A (JOHNSON DUANE ET AL) 10 septembre 1991 (1991-09-10) 1e document en entier -----	1,2
A	US 5 262 722 A (HEDENGREN KRISTINA H V ET AL) 16 novembre 1993 (1993-11-16) 1e document en entier ----- -/-	1,2

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### • Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*&\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

5 avril 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

12/04/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Joyce, D

## RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De Internationale No  
PCT/FR2004/002802

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 237 271 A (HEDENGREN KRISTINA H V) 17 août 1993 (1993-08-17) le document en entier -----	1,2
A	MAYOS M ET AL: "INSPECTION NON DESTRUCTIVE EN LIGNE DE LA TOTALITE DE LA SURFACE DES BRAMES DE COULEE CONTINUE" CAHIERS D'INFORMATIONS TECHNIQUES DE LA REVUE DE METALLURGIE, REVUE DE METALLURGIE. PARIS, FR, vol. 90, no. 6, 1 juin 1993 (1993-06-01), pages 823-828, XP000393743 ISSN: 0035-1563 le document en entier -----	1,2

**RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE**

 Den **ternationale No**  
**PCT/FR2004/002802**

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 6339327	B1	15-01-2002	FR CA EP WO JP	2758393 A1 2277038 A1 1015880 A1 9830896 A1 2001509259 T		17-07-1998 16-07-1998 05-07-2000 16-07-1998 10-07-2001
US 5506503	A	09-04-1996	CA DE FR GB JP JP	2076205 A1 4318062 A1 2694811 A1 2269673 A ,B 3406649 B2 6160357 A		15-02-1994 17-02-1994 18-02-1994 16-02-1994 12-05-2003 07-06-1994
US 5047719	A	10-09-1991	DE	4026295 A1		28-11-1991
US 5262722	A	16-11-1993	AUCUN			
US 5237271	A	17-08-1993	AUCUN			